

Beschreibung**Verfahren zum scannenden Messen einer Kontur eines Werkstücks**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum scannenden Messen bzw. Erfassen einer Kontur bzw. Geometrie eines Werkstücks unter Verwendung eines ersten und eines zweiten Sensors.

Das Erfassen von Konturen zur Messung von Werkstücksgeometrien ist eine der typischen Aufgaben von Koordinatenmessgeräten. Es liegt das Problem zu Grunde, dass Konturen von Werkstücken mit Sollkonturen verglichen bzw. zur Steuerung von Werkzeugmaschinen für das Kopieren von Teilen herangezogen werden sollen. Es ist gleichfalls erforderlich, Meisterteile mit weiteren gefertigten Teilen aus diesem Wege zu vergleichen. Hierzu Verwendung finden derzeit Verfahren mit sogenannten messenden Tastsystemen, bei denen mit einem Taster kontinuierlich oder schrittweise die gesuchte Werkstückskontur abgefahren und so Messpunkte erfasst werden. Der Nachteil des Verfahrens liegt darin, dass filigrane Konturen auf Grund der relativ hohen notwendigen Größe der Tastelemente nur begrenzt scannbar sind. Es sind ferner Verfahren bekannt, bei denen mittels opto-elektronischer Bildverarbeitung Konturen im Durch- oder Auflichtverfahren gescannt werden. Der Nachteil dieser Verfahren liegt darin, dass nur jeweils die oberen Kanten von Konturen gemessen werden können, nicht jedoch z. B. die Kontur in der Mitte der Flanke eines Objektes wie Zahnrades.

Für das Messen filigraner 3D-Objekte sind taktil optische Taster bekannt, wie diese in der EP 0 988 505 offenbart sind. Auf Grund des Wirkprinzips lassen sich hiermit extrem kleine Tasterkonfigurationen realisieren. Der Einsatz solcher Taster für Scanning-Verfahren ist auf Grund des flexiblen Verhaltens der Tasterstifte nicht immer optimal möglich. Ein Regeln des für das Scanning erforderlichen Abfahrens der Teilekontur ist auf Grund der springenden Messergebnisse der Mikrotaster (z.B. in Folge von Stick-Slip-Effekten) nur schwierig realisierbar.

Aus dem Sonderdruck „Kontrolle 5/94“, Werth Messtechnik GmbH, Gießen, ist ein fotoelektronisches Kontur-Scanning bekannt, bei dem eine CCD-Kamera zum Einsatz gelangt, wodurch pro Antastvorgang mehrere Tausend Messpunkte aufgenommen werden können.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass mit hoher Präzision und Geschwindigkeit die Kontur eines Objektes insbesondere auch im Flankenbereich gemessen werden kann.

Aus der WO 03/008905 A1 ist ein Koordinatenmessgerät bekannt, bei dem mittels eines optischen Sensors die Bewegung eines taktil optisch arbeitenden Fasertasters ermittelt wird.

Das Problem wird im Wesentlichen dadurch gelöst, dass die Kontur bzw. Geometrie des Werkstücks mit Hilfe von zumindest zwei Sensoren erfasst wird und dass gewonnene Informationen mindestens eines Sensors zur Beeinflussung mindestens eines anderen Sensors in seinen Aktionen benutzt werden. Dabei kann als zumindest ein Sensor ein Bildverarbeitungssensor verwendet werden. Auch besteht die Möglichkeit, dass als zumindest ein Sensor ein berührend messender Taster verwendet wird. Nach einem weiteren Vorschlag ist vorgesehen, dass als zumindest ein Sensor ein berührungslos arbeitender Abstandssensor verwendet wird. Als einer der Sensoren kommt auch ein faseroptischer Taster in Frage.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass zumindest einer der Sensoren zum Positionieren zumindest eines anderen Sensors innerhalb seines Arbeitsbereichs benutzt wird.

Ferner kann zumindest einer der Sensoren zur Vermeidung einer Kollision weiterer beteiligter Sensoren verwendet werden.

Bei der Nutzung eines Bildverarbeitungssensors können verschiedene Beleuchtungsanordnungen wie Auflicht oder Durchlicht verwendet werden.

Bevorzugte Ausführungsformen sehen vor, dass bei Verwendung eines taktil-optisch arbeitenden Tasters – auch optotaktil arbeitender Taster genannt- mit einem Tastelement zur Tastelementkorrektur erforderliche Antastrichtung aus Informationen eines weiteren Sensors generiert wird bzw. dass für das Tastelement erforderliche Antastrichtung eines oder des berührenden Tasters aus Informationen eines weiteren Sensors generiert wird.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung wird zumindest ein Bildverarbeitungssensor auf Basis eines mit einem Abstandssensor ermittelten Messwertes scharf gestellt.

Ein Bildverarbeitungssensor kann auf Basis eines mit einem berührenden Taster ermittelten Messwertes scharf gestellt werden. Nach einem weiteren Vorschlag erfolgt ein Scannvorgang innerhalb eines Schrittes, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen online erfolgt. Alternativ kann der Scannvorgang in mehreren Einzelschritten erfolgen, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen nicht schritthaltend mit dem Scanning erfolgt.

Auch zeichnet sich die Erfindung dadurch aus, dass mit einem Sensor zuerst eine Kontur in einer Ebene gescannt und mit einem anderen Sensor dritte Koordinate zu der Kontur bzw. Ebene oder zu einer hierzu im Versatz befindlichen Kontur erfasst wird, wobei die Messpunkte der ersten Kontur Verfahrwege definieren.

Ferner kann eine Scannebene a priori definiert und ein Abstandssensor derart in der Ebene verfahren werden, dass der Abstandswert eine Konstante ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.

Die Scannvorgänge selbst können auf einem oder mehreren Koordinatenmessgeräten durchgeführt werden.

Bei der Verwendung eines Bildverarbeitungssensors als einer der Sensoren kann ein solcher zum Einsatz gelangen, bei dem die Vergrößerung verändert wird.

Insbesondere wird eine Kombination von Sensoren wie Bildverarbeitung mit Laser (Abstandsmesssystem) und/oder Bildverarbeitung mit berührendem Taster und/oder Bildverarbeitung mit Fasertaster bzw. optotaktisch arbeitendem Taster und/oder Bildverarbeitung mit einer Bildverarbeitung mit verschiedenen Auflösungen und/oder Bildverarbeitung mit verschiedenen Ansichten und/oder Bildverarbeitung mit unterschiedlichen Beleuchtungsarten/-einstellungen und/oder Laser mit berührendem Taster und/oder Laser mit Fasertaster wie optotaktisch arbeitendem Taster und/oder berührendem Taster mit Fasertaster wie optotaktisch arbeitendem Taster und/oder berührendem Taster mit berührendem Taster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten und/oder Fasertaster mit Fasertaster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten verwendet.

Erfindungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen auch dadurch gelöst, dass die Kontur mittels eines Tasters und einem diesem zugeordneten optischen Sensor optotaktisch gemessen wird und dass der Taster in Bezug auf seine Bewegung entlang der Kontur mittels eines Bildverarbeitungssensors gesteuert wird.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren beschrieben, mit z.B. taktil-optischen Mikrotastern ein Scanning dadurch zu realisieren, dass für die eigentliche Scannbewegung, d.h. für die Bewegung des Tasters die Verfahrensweisen eines Bildverarbeitungscanners herangezogen werden. So wird die Kontur des zu messenden Objektes mittels Bildverarbeitungs-Scanning verfolgt. Die eigentlichen Messpunkte werden durch gleichzeitig

bzw. seriell anschließende Messungen mit einem oder mehreren taktil-optischen Tastern oder rein messenden und/oder schaltenden Tastern realisiert. Es lassen sich somit die Vorteile des kontinuierlichen Bildverarbeitungs-Scannings mit den Vorteilen der Messbarkeit von Flanken an Messobjekten mittels insbesondere taktil-optischer Taster für filigrane Strukturen realisieren.

Insbesondere wird das Verfahren auf einem Koordinatenmessgerät durchgeführt, wobei die Regelung bzw. Steuerung des Scannvorganges des Koordinatenmessgerätes über den Bildverarbeitungssensor und die Erfassung der Messpunkte über einen insbesondere taktil-optischen Taster realisiert werden.

In bevorzugter Ausführungsform wird für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor und das Messen der Messpunkte mit dem taktil-optischen Sensor die gleiche Bildverarbeitungsoptik, Kamera und Elektronik verwendet.

Ferner besteht die Möglichkeit, für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor einen separaten optischen Strahlengang zu verwenden.

Des Weiteren können der Bildverarbeitungssensor und der taktil-optische Sensor so in einem Strahlengang integriert werden, dass für beide Sensoren angepasste unterschiedliche Vergrößerungen erzielt werden.

Die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor kann im Durchlicht oder im Auflicht erfolgen, wobei gleichzeitig die Messung mit dem opto-taktilem Sensor alternativ im Durchlicht- oder Auflichtmodus erfolgt.

Sofern ein Taster mit einem kugelförmigen Tastelement verwendet wird, kann die für die Tastkugelkorrektur erforderliche Antastrichtung des taktil-optischen Tasters aus der Bildverarbeitungskonturverfolgung generiert werden.

Ferner können sich die für die Konturverfolgung eingesetzten Bildverarbeitungsfenster überlappen.

Eine Konturverfolgung können mit einem Bildverarbeitungsscanner erfolgen und in vorher definiertem Abstand zu der so verfolgten Kontur mit einem weiteren Abstandssensor die Höhe des Messobjektes erfasst werden.

Die Bildverarbeitungssensorik selbst kann auf der Grundlage eines mit einem Abstandssensor ermittelten Messwertes scharf gestellt werden, wobei als Abstandssensor ein Laserabstandssensor zum Einsatz gelangen kann, der seinerseits gegebenenfalls in den Strahlengang des Bildverarbeitungssensors integriert wird.

Insbesondere ist vorgesehen, dass zuerst mit einem Sensor eine Kontur in einer Ebene gescannt wird und dann mit einem weiteren Sensor die Dritte Koordinate zu dieser Kontur (Ebene) oder zu einer hierzu im Versatz befindlichen Kontur gescannt wird, wobei die Messpunkte der ersten Kontur die Verfahrenswege definieren.

Ferner kann eine Scannebene im Vormhinein in Werkstückkoordinaten definiert und der Abstandssensor in dieser Ebene so verfahren werden, dass der Abstandswert eine Konstante ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen – für sich und/oder in Kombination –, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Koordinatenmessgerätes,

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung einer ersten Ausführungsform zur Messung einer Kontur eines Gegenstandes,

Fig. 3 eine Prinzipdarstellung einer zweiten Ausführungsform zu Messung einer Kontur eines Gegenstandes und

Fig. 4 eine Prinzipdarstellung einer dritten Ausführungsform zur Messung einer Kontur eines Gegenstandes.

In Fig. 1 ist rein prinzipiell ein Koordinatenmessgerät 100 mit z.B. aus Granit bestehendem Grundrahmen 102 dargestellt. Auf diesem ist ein Messtisch 104 angeordnet, auf dem sich ein Werkstück 105 befindet, dass zu messen ist.

Entlang dem Grundrahmen 102 ist ein Portal 106 in Y-Richtung des Koordinatenmessgerätes 100 verstellbar angeordnet. Hierzu sind Säulen oder Ständer 108, 110 gleitend auf dem Grundrahmen abgestützt. Von den Säulen 108, 110 geht eine Traverse 112 aus, entlang der, also im Ausführungsbeispiel in X-Richtung des Koordinatenmessgerätes 100, ein Schlitten 114 verstellbar angeordnet ist, der seinerseits eine Pinole oder Säule 116 aufnimmt, die in Z-Achsenrichtung verstellbar ist. Von der Pinole oder Säule 116 bzw. einer an dieser vorhandenen Wechselschnittstelle gehen zumindest zwei Sensoren aus, um Kontur bzw. Geometrie des auf dem Messtisch 104 angeordneten Werkstücks 105 zu messen. Bei diesem kann es sich z. B. um eine Blechtafel handeln.

In Fig. 2 ist rein prinzipiell eine Blechtafel 200 als Werkstück dargestellt, dessen Kontur 202 mit einem kombinierten Sensorsystem bestehend aus einem taktil-optisch arbeitenden Taster und einem Bildverarbeitungssensor gescannt wird, dessen Messfeld durch Rechtecke 206 symbolisiert ist.

Die Verfolgung der Werkstückkontur 202 erfolgt in einer Scannrichtung 208 durch Aneinanderreihen verschiedener Bildverarbeitungspositionen (Rechtecke 206, 210, 212), die aus dem Konturenverlauf im jeweils aktuellen Bildverarbeitungsfenster ermittelt werden. Im Ausführungsbeispiel wird dabei im Auflicht eine Kontur 214 parallel zu der zu messenden Kontur 202 gescannt. Gleichzeitig werden Messpunkte 216, 218, 220 mittels des taktil-optisch arbeitenden Tasters 204 an der zu messenden Kontur 202 aufgenommen. Dabei erfolgt das taktil-optische Messen in einer Art, wie diese z.B. der EP 0 988 505 B1 zu entnehmen ist, auf deren Offenbarung ausdrücklich Bezug genommen wird. Erfindungsgemäß wird dabei die Bewegung des taktil-optisch arbeitenden Sensors 204 durch die mittels der Bildverarbeitung ermittelten Konturdaten verfahren.

In Fig. 3 wird das erfindungsgemäße Verfahren durch eine Kombination aus taktilem und optischem Scannen mit Bildverarbeitung und mechanischem Tastsystem realisiert. Als Werkstück wird erneut eine Blechtafel 300 gewählt, deren Kontur 302 mittels eines Bildverarbeitungssensors durch Aneinandersetzen mehrerer Bilder 304, 306, 308 gescannt wird. Aus der so gewonnenen Kontur wird auf die Außenform der Blechtafel 300 geschlossen. In einem Versatz zur Außenkante, der durch einen Bediener zuvor definiert werden kann, wird sodann mit einem mechanischen Taster 310 der Höhenverlauf der Blechtafel 300 gemessen, und zwar entlang einer Linie 312, die äquidistant zur Außenkontur 302 verläuft. Aus den Datensätzen der Bildverarbeitung und des mechanischen Tastsystems 310 kann sodann auf den dreidimensionalen Verlauf des Randes der Blechtafel 300 durch Überlagerung der Datensätze geschlossen werden.

Bei dem mechanischen Tastsystem kann es sich um ein rein messendes oder schaltendes Tastsystem oder auch um ein taktil-optisches System handeln, wie dieses der EP 0 988 505 B1 zu entnehmen, auf dessen Offenbarung ausdrücklich Bezug genommen wird.

Nach der Darstellung gemäß Fig. 4 wird prinzipiell entsprechend dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 der Höhenverlauf eines Randes einer Blechtafel 400 als Gegenstand bestimmt. Dabei wird neben einem Bildverarbeitungssensor ein in diesem integrierter Laserstrahlengang (symbolisiert durch Punkt 402) anstelle des mechanischen Tastsystems 310 gemäß Fig. 3 verwendet. Somit ist es möglich, während des Scannvorganges Außenkontur 404 des Werkstücks 400 mit dem Bildverarbeitungssensor und gleichzeitig Informationen in hierzu senkrechter Richtung mit dem Lasersensor 402 zu bestimmen. Die räumliche Lage des Randes der Blechtafel 100, also deren Kontur 104 wird wiederum durch Überlagerung der Sensorinformationen des Sensorlasers 402 und des Bildverarbeitungssensors ermittelt. Somit ist es gleichfalls möglich, zuerst die Außenkontur mit Hilfe der Bildverarbeitung zu scannen und anschließend mit dem Lasersensor 402 die dritte Koordinate hinzuzumessen, wobei entsprechend dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 die Messpunkte entlang einer zur Kontur 404 äquidistant verlaufende Linien 408 bestimmt werden. Auch besteht die Möglichkeit, mittels des Lasersensors das Scharfstellen des Bildverarbeitungssensors in Echtzeit zu realisieren.

Patentansprüche**Verfahren zum scannenden Messen einer Kontur eines Werkstücks**

1. Verfahren zum scannenden Erfassen bzw. Messen einer Kontur bzw. einer Geometrie eines Werkstücks, unter Verwendung eines ersten und eines zweiten Sensors,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kontur und/oder Geometrie des Werkstücks mit Hilfe von den zumindest zwei Sensoren erfasst wird und dass gewonnene Informationen mindestens eines Sensors zur Beeinflussung mindestens eines anderen Sensors in seinen Aktionen benutzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als zumindest ein Sensor ein Bildverarbeitungssensor verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als zumindest ein Sensor ein berührend messender Taster verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als zumindest ein Sensor ein berührungslos arbeitender Abstandssensor verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als zumindest einer der Sensoren ein faseroptischer Taster verwendet wird.

6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest einer der Sensoren zum Positionieren zumindest eines anderen Sensors innerhalb seines Arbeitsbereichs benutzt wird.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest einer der Sensoren zur Vermeidung einer Kollision weiterer beteiligter Sensoren verwendet wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für zumindest einen Bildverarbeitungssensor verschiedene Beleuchtungsanordnungen wie Auflicht oder Durchlicht verwendet werden.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Verwendung eines taktil-optisch arbeitenden Tasters mit einem Tastelement zur Tastelementkorrektur erforderliche Antastrichtung aus Informationen eines weiteren Sensors generiert wird.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für das Tastelement erforderliche Antastrichtung eines oder des berührenden Tasters aus Informationen eines weiteren Sensors generiert wird.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Bildverarbeitungssensor auf Basis eines mit einem Abstandssensor ermittelten Messwertes scharf gestellt wird.

12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Bildverarbeitungssensor auf Basis eines mit einem berührenden Taster ermittelten Messwertes scharf gestellt wird.
13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Scannvorgang innerhalb eines Schrittes erfolgt, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen online erfolgt.
14. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Scannvorgang in mehreren Einzelschritten erfolgt, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen nicht schritthaltend mit dem Scannen erfolgt.
15. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mit einem Sensor zuerst eine Kontur in einer Ebene gescannt und mit einem anderen Sensor dritte Koordinate zu der Kontur bzw. Ebene oder zu einer hierzu im Versatz befindlichen Kontur erfasst wird, wobei die Messpunkte der ersten Kontur Verfahrwege definieren.
16. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Scannebene a priori definiert wird und ein Abstandssensor derart in der Ebene verfahren wird, dass Abstandswert eine Konstante ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.
17. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der oder die Scannvorgänge auf einem oder mehreren Koordinatenmessgeräten durchgeführt werden.

18. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei zumindest einem der Sensoren um einen Bildverarbeitungssensor
handelt, bei dem die Vergrößerung verändert wird.

19. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Kombination von Sensoren wie Bildverarbeitung mit Laser (Abstandsmesssystem) und/oder Bildverarbeitung mit berührendem Taster und/oder Bildverarbeitung mit Fasertaster bzw. taktil-optisch arbeitendem Taster und/oder Bildverarbeitung mit einer Bildverarbeitung mit verschiedenen Auflösungen und/oder Bildverarbeitung mit verschiedenen Ansichten und/oder Bildverarbeitung mit unterschiedlichen Beleuchtungsarten/-einstellungen und/oder Laser mit berührendem Taster und/oder Laser mit Fasertaster wie taktil-optisch arbeitendem Taster und/oder berührendem Taster mit Fasertaster wie taktil-optisch arbeitendem Taster und/oder berührenden Taster mit berührendem Taster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten und/oder Fasertaster mit Fasertaster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten verwendet wird.

20. Verfahren nach vorzugsweise zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche zum scannenden Messen einer Kontur eines Werkstücks,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kontur mittels eines entlang dieser bewegten Tasters und einem diesem zugeordneten optischen Sensor taktil-optisch gemessen wird und dass die Bewegung des Tasters entlang der Kontur mittels eines Bildverarbeitungssensors gesteuert wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum scannenden Messen der Werkstückskontur sowohl die Messergebnisse eines taktil-optischen Tasters als auch die eines Bildverarbeitungssensors herangezogen werden.

22. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Messvorgang auf einem Koordinatenmessgerät durchgeführt wird.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Regelung des Scannvorganges des Koordinatenmessgerätes über den Bildverarbeitungssensor und die Erfassung der Messpunkte über einen taktil-optischen Taster realisiert wird.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor und das Messen der Messpunkte mit dem taktil-optischen Taster die gleiche Bildverarbeitungsoptik und/oder Kamera und/oder Elektronik verwendet wird.

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor ein separater optischer Strahlengang verwendet wird.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass Bildverarbeitungssensor und taktil-optischer Taster so in einem Strahlengang integriert werden, dass für beide Sensoren angepasste unterschiedliche Vergrößerungen erzielt werden.

27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor im Durchlicht oder im Auflicht erfolgt, wobei gleichzeitig die Messung mit dem taktil-optischen Sensor alternativ im Durchlicht oder Auflichtmodus erfolgt.

28. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für eine Tastkugelkorrektur erforderliche Antastrichtung des taktil-optischen
Tasters aus der Bildverarbeitungskonturverfolgung generiert wird.

29. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich die für die Konturverfolgung eingesetzten Bildverarbeitungsfenster
überlappen.

30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Konturverfolgung mit einem Bildverarbeitungsscanner erfolgt und in vor-
her definiertem Abstand zu der so verfolgten Kontur mit einem weiteren Abstands-
sensor die Höhe des Messobjektes erfasst wird.

31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bildverarbeitungssensorik auf der Grundlage eines mit einem Abstandssen-
sor ermittelten Messwertes scharf gestellt wird.

32. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Abstandssensor ein Laserabstandssensor zum Einsatz kommt.

33. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Laserabstandssensor im Strahlengang des Bildverarbeitungssensors integ-
riert wird.

34. Verfahren zum Scannen von Werkstückkonturen,
dadurch gekennzeichnet,
dass zuerst mit einem Sensor eine Kontur in einer Ebene gescannt wird und dann
mit einem weiteren Sensor die dritte Koordinate zu dieser Kontur oder zu einer hier-
zu im Versatz befindlichen Kontur gescannt wird, wobei die Messpunkte der ersten
Kontur die Verfahrenswege definieren.

35. Verfahren zum Scannen einer Kontur mit Abstandssensoren,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Scannebene im Vorhinein in Werkstückkoordinaten definiert wird und der
Abstandssensor in dieser Ebene so verfährt, dass der Abstandswert eine Konstante
ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.

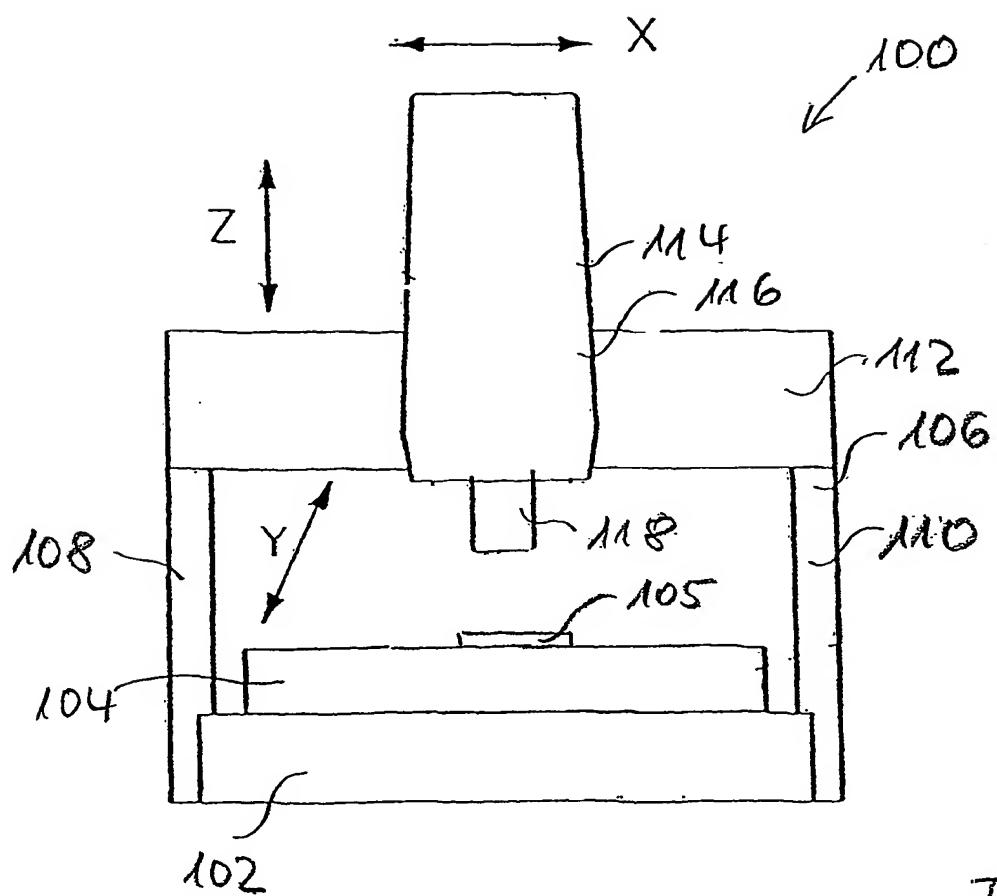


Fig. 1

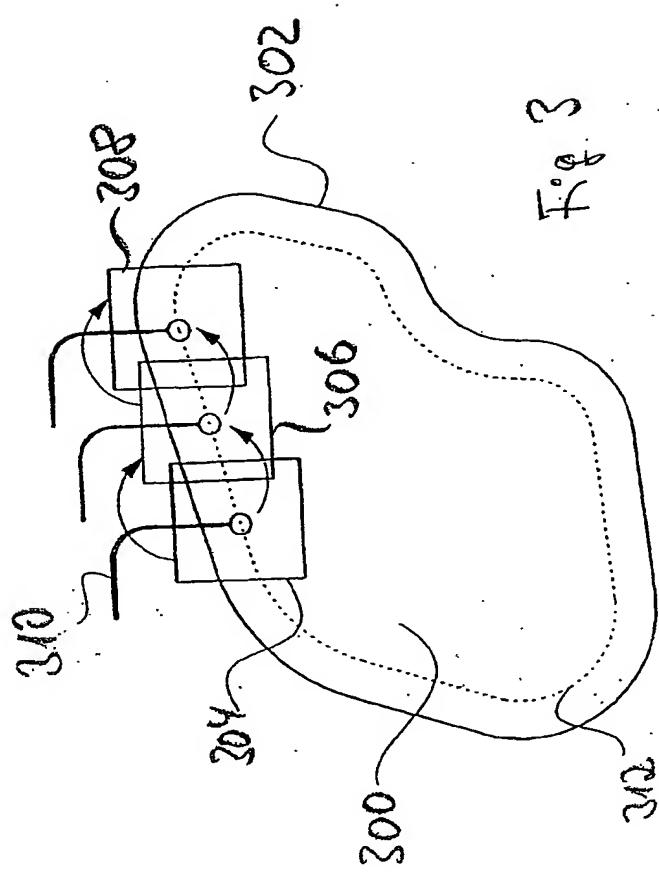


Fig. 3

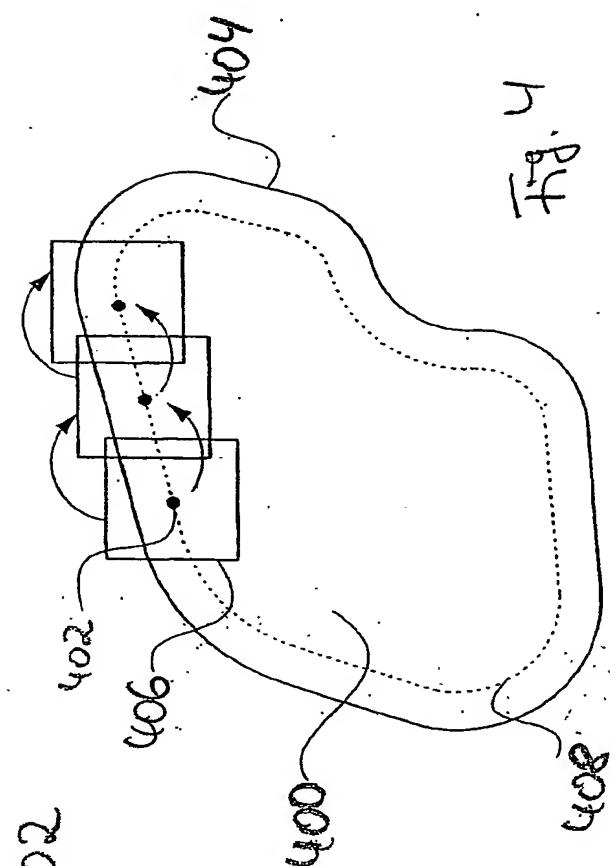


Fig. 4

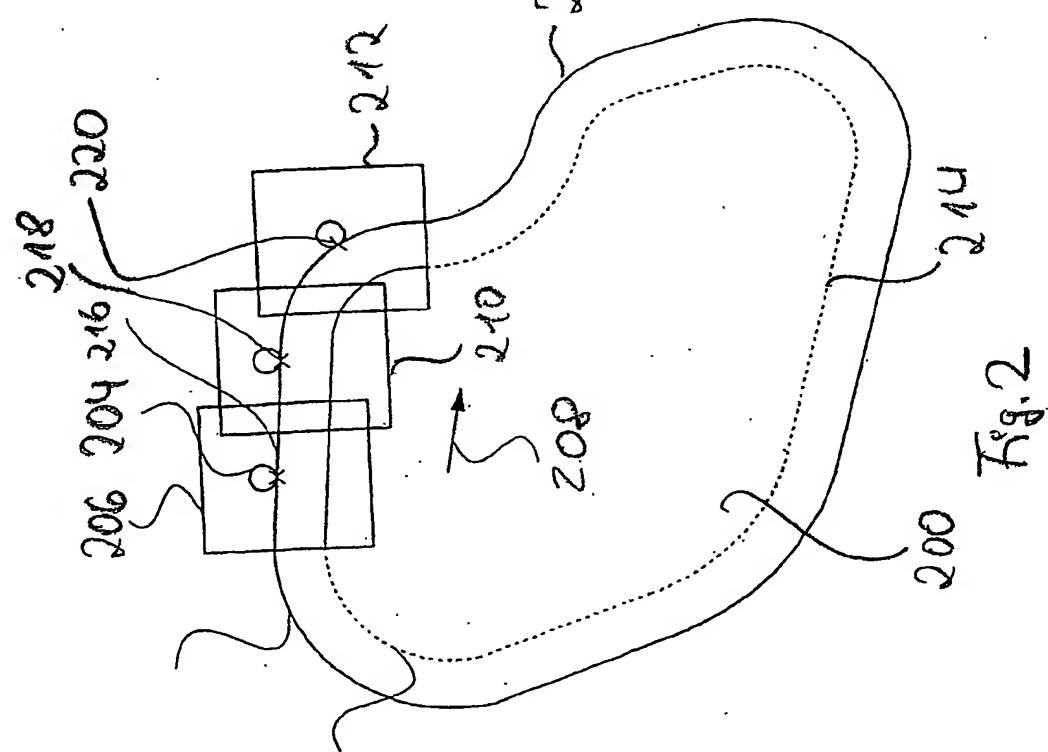


Fig. 2